

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 500 580**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 03447**

(54) Réservoir de stockage de gaz cryogéniques liquides tels que notamment de l'hydrogène.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). F 17 C 3/08.

(22) Date de dépôt ..... 20 février 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 34 du 27-8-1982.

(71) Déposant : Société dite : TECHNIGAZ, résidant en France.

(72) Invention de : Gilles Argy.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,  
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention a essentiellement pour objet un réservoir de stockage pour gaz liquides à basse température, tels que notamment de l'hydrogène liquide, du type comprenant une enveloppe externe, une enveloppe interne étanche délimitant l'espace de stockage du gaz liquide et une structure isolante montée dans l'espace inter-enveloppe et mis sous vide.

On sait combien il serait avantageux de pouvoir disposer de réservoirs capables de stocker une grande quantité de gaz liquide, notamment de l'hydrogène liquide. En effet, la production de l'hydrogène liquide par voie électrolyse à partir de l'eau et son stockage à l'état liquide en grande quantité représenterait une solution avantageuse du problème de stockage, sous forme chimique, de l'excédent d'énergie électrique produite dans des centres électro-nucléaires aux heures creuses, l'énergie qui sans possibilité de stockage serait perdue. Or, par exemple la production par jour d'énergie d'un centre électro-nucléaire comportant trois centrales de 1300 MV aux heures creuses pourrait atteindre  $8000 \text{ m}^3$  d'hydrogène liquide. De plus, pour qu'une stockage d'énergie électrique sous forme chimique soit réellement envisageable, il faudrait pouvoir stocker une quantité d'hydrogène liquide correspondant à plusieurs jours de production, soit une capacité de plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes.

Les réservoirs connus du type énoncés plus haut ne permettent pas d'atteindre des volumes de stockage de cet ordre. Pour des réservoirs isolés sous vide, le volume est limité par la tenue mécanique des enceintes vidées. De plus, une perte d'étanchéité de l'enceinte sous vide entraînerait une augmentation très brutale du taux d'évaporation et un risque non nul de rupture des réservoirs.

La présente invention a pour but de proposer un réservoir du type énoncé plus haut qui peut avoir une capacité de stockage très élevée et qui, de ce fait, peut être utilisé par exemple pour le stockage d'énergie en 5 excès produite dans un centre électro-nucléaire.

Pour atteindre ce but, le réservoir selon l'invention est caractérisé en ce que la structure isolante comprend une paroi de panneaux juxtaposé, qui sont creux et vidés et en ce que les joints entre panneaux adjacents sont 10 recouverts de façon étanche par des éléments susceptibles d'absorber la contraction sous l'effet du froid, de la paroi, ces éléments et la surface interne de la paroi formant ladite enveloppe étanche interne.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, 15 l'espace autour des joints, recouvert de façon étanche par les éléments d'absorption de contraction thermique, est rempli d'un gaz inerte ayant un point de liquéfaction inférieur à celui du gaz stocké.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, 20 caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention, et dans lesquels :

25 - la figure 1 représente une vue en coupe axiale du principe de la structure d'un réservoir selon l'invention, rempli d'un gaz liquide ;

- la figure 2 montre en une vue en coupe la zone de la jonction de deux panneaux juxtaposés conformes à l'invention ;

30 - la figure 3 est une vue éclatée en coupe et illustre les moyens de fixation d'un panneau selon l'invention sur son support, et

- la figure 4 est une vue selon la direction IV-IV

de la figure 3.

La figure 1 montre de façon schématique un réservoir de forme cylindrique pour le stockage d'un gaz liquide à très basse température, notamment de l'hydrogène liquide, 5 une température d'environ 20°K, c'est-à-dire -253°C. Ce réservoir comprend une enveloppe externe auto-porteuse 1, une enveloppe interne 2 délimitant l'espace de stockage 3 rempli de gaz liquide et une structure isolante 4 montée dans l'espace inter-enveloppe.

10 Conformément à l'invention, la structure isolante 4 comporte une paroi interne 5 formée par des panneaux juxtaposés 6 qui sont creux et vidés et réalisés par exemple en acier inoxydable. Les joints entre deux panneaux 6 voisins sont recouverts de façon étanche par un réseau rectangulaire 15 d'ondes 7 de dilatation, et de croisement d'ondes, connus en soi. Les ondes 7 sont fixées à la surface interne 8 des panneaux 6 par exemple par soudage. Ce réseau d'ondes 7 et la paroi interne 8 des panneaux constituent l'enveloppe interne étanche 2 délimitant l'espace 3 de stockage du 20 gaz liquide. Le réseau d'ondes 7 tout en assurant l'étanchéité de l'enveloppe interne 2 permet la contraction de cette enveloppe froide sans engendrer des efforts thermiques trop importants.

L'espace 9 au niveau des joints 10 des panneaux 6 25 juxtaposés et surplombés de façon étanche par les ondes 7 est rempli d'un gaz inerte ayant un point de liquéfaction inférieur à celui du gaz stocké. Si le gaz liquide est de l'hydrogène, ce gaz inerte pourrait être de l'hélium.

La structure isolante 4 comprend en outre une couche 30 isolante externe 11 en un matériau cellulaire, par exemple en mousse de polyuréthane qui permet de limiter jusqu'à la réparation le flux thermique qui pourrait apparaître si le vide d'un panneau 6 se détériorait.

Des calculs thermiques permettent de montrer que dans

une telle structure isolante comprenant une paroi 5 formée de panneaux juxtaposés 6, le transfert de chaleur est régie par le jointage des panneaux, ce transfert se faisant le long des bords des panneaux vidés. Pour que l'effet 5 de la paroi constituée par les panneaux juxtaposés soit optimal, il s'était avéré avantageux d'augmenter les dimensions des panneaux vidés pour diminuer les longueurs des côtés, tout en conservant des dimensions compatibles avec une manutention aisée, et d'augmenter l'impédance 10 thermique des ponts thermiques constitués par les joints 10, par un élargissement des joints et par une diminution de leur épaisseur.

La configuration des panneaux et leur disposition, représentées sur la figure 2 constituent une réponse 15 avantageuse à ce problème. Cette figure montre deux panneaux 6', 6" juxtaposés. Chaque panneau comprend un rebord périphérique 12', 12" faisant latéralement saillie dans le plan du panneau, soit en prolongeant la surface radialement 20 interne 8', comme dans le cas du panneau 6', soit en prolongeant la surface radialement externe, comme dans le cas du panneau 6". Ces rebords latéraux présentent une épaisseur approximativement constante inférieure à la moitié de l'épaisseur du panneau. Pour la formation de la paroi 2, les deux panneaux 6' et 6" sont juxtaposés de 25 façon que leurs rebords 12' et 12" se recouvrent mutuellement de la façon illustrée en laissant subsister entre elles un espace de joint 10 relativement large mais étroite. Cette configuration des panneaux 6 au niveau de leurs bords permet une limitation de l'épaisseur des panneaux et assure 30 une élasticité des bords lors de la contraction différentielle entre les faces d'un panneau. L'onde 7 est reliée par soudage en 13 à la surface interne 8 des panneaux de façon symétrique au-dessus du joint.

La figure 2 montre également que des éléments 18 formant super-isolants peuvent être prévus à l'intérieur des panneaux 6. Ce super-isolant peut être défini comme ayant une conductivité thermique inférieure à  $5 \times 10^{-3}$  mW/cm/°K et de préférence de l'ordre de  $3 \times 10^{-3}$  mW/cm/°K. Le meilleur super-isolant actuellement connu possède une conductivité thermique d'environ  $10^{-4}$  mW/cm/°K pour l'hydrogène liquide. Ce super-isolant est connu sous la dénomination commerciale Mylar. Il s'agit des feuilles aluminisées isolantes d'un côté et réflectrices de l'autre. Comme super-isolant on pourrait également utiliser des billes en polystyrène métalisées (Ag.Al).

Les figures 3 et 4 montrent la façon de laquelle un panneau 6 est fixé sur la couche isolante externe 11. On constate tout d'abord l'interposition entre les panneaux 6 et la couche 11 d'une plaque intermédiaire de support 14 fixée sur la surface radialement interne de la couche 11.

Pour la fixation des panneaux 6 à cette structure de support formée par la plaque 14 et la couche 11, chaque panneau 6 porte sur sa surface radialement externe, c'est-à-dire en regard de la plaque 14, un certain nombre de pieds de support à base élargie 15. A chaque pied de support est associé un contre-organe 16 de forme complémentaire au pied de support. Ce contre-organe 16 est formé par un bloc par exemple en bois, de forme cylindrique, monté fixe dans la plaque 14 et dans la couche isolante 11. Dans chaque bloc est usiné un évidement 17 partiellement fermé formant glissière et permettant l'engagement du pied de support à base élargie et son déplacement le long de la partie formant glissière dans une position dans laquelle la base élargie du pied de support est ancrée et suspendue à la plaque 14.

On donnera ci-après à titre d'exemple les dimensions les plus importantes d'une structure isolante dans un

réservoir, qui ressortent comme particulièrement avantageuses d'un calcul thermique. Ce calcul est basé sur un taux d'évaporation du gaz liquide de 0,2% par jour pour un réservoir d'une capacité de stockage donnée 5 supérieure à  $43500 \text{ m}^3$ , le réservoir présentant un rapport hauteur/diamètre de 0,7. Dans de telles conditions, il est avantageux de donner aux panneaux une forme carrée de  $3,4 \times 3,4 \text{ m}$ , une hauteur de 20 cm et une épaisseur de paroi métallique de 0,8 mm. La couche isolante externe 11 10 en mousse isolante de polyuréthane pourrait avoir une épaisseur de 30 cm. Le rebord périphérique pourrait être tel qu'on obtient un joint d'une largeur de 20 cm. Dans cet exemple, les panneaux contiennent comme matières super-isolantes des éléments composites formés par une super-position alternée de plusieurs feuilles minces (environ 15 10  $\mu$ ) d'aluminium réfléchissantes et deux couches d'un intercalaire isolant en tissu ou mat de fibres de verre.

On comprend aisément que le réservoir selon l'invention présente des avantages considérables. Par exemple, grâce 20 au fractionnement de la paroi 2 en panneaux vidés 6, une fuite sur un panneau entraîne moins de perte que dans le cas d'un seul espace intercalaire vide entourant l'espace de stockage. Si le vide d'un panneau se détériorait, la couche externe de l'isolation 11 pourrait limiter jusqu'à 25 la réparation le flux thermique qui en résultera.

Il est encore à noter, que l'invention n'est pas limitée à un réservoir de stockage pourvu d'une enveloppe externe auto-porteuse. L'invention est également utilisable pour la construction par exemple de citernes sur des navires de transport de gaz cryogéniques liquides, tels que de 30 l'hydrogène liquide.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. En particulier elle comprend tous les

moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits, ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en œuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

## R E V E N D I C A T I O N S

1. Réservoir de stockage pour gaz cryogéniques liquides, tels que notamment de l'hydrogène liquide, comprenant une enveloppe externe, une enveloppe interne étanche, délimitant l'espace de stockage contenant le 5 gaz liquide et une structure isolante montée dans l'espace inter-enveloppe et mis sous vide, caractérisé en ce que la structure isolante comprend une paroi de panneaux juxtaposés, qui sont creux et vidés, et en ce que les joints entre panneaux adjacents sont recouverts de façon étanche par 10 des éléments susceptibles d'absorber la contraction de la paroi sous l'effet du froid, ces éléments et la paroi interne desdits panneaux juxtaposés formant ladite enveloppe interne.

2. Réservoir selon la revendication 1, caractérisé 15 en ce que les éléments d'absorption de contraction de la paroi précitée ont des formes d'ondes de dilatation et constituent dans leur ensemble un réseau d'ondes avec des croisements, de préférence rectangulaires, recouvrant le réseau des joints formés entre panneaux juxtaposés 20 voisins.

3. Réservoir selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'espace au niveau des joints précités recouvert de façon étanche par lesdits éléments d'absorption de contraction est rempli d'un gaz inerte ayant un 25 point de liquéfaction inférieur à celui du gaz stocké.

4. Réservoir selon la revendication 3, caractérisé en ce que le gaz inerte précité est de l'hélium, si le gaz stocké est de l'hydrogène liquide.

5. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, 30 caractérisé en ce que chaque panneau comprend un rebord périphérique situé dans le plan du panneau, en prolongement

d'une surface plane et d'une épaisseur moindre que la moitié de l'épaisseur du panneau, et en ce que deux panneaux voisins sont juxtaposés de façon à ce que leurs rebords périphériques se recouvrent mutuellement en formant 5 un joint relativement large et étroit.

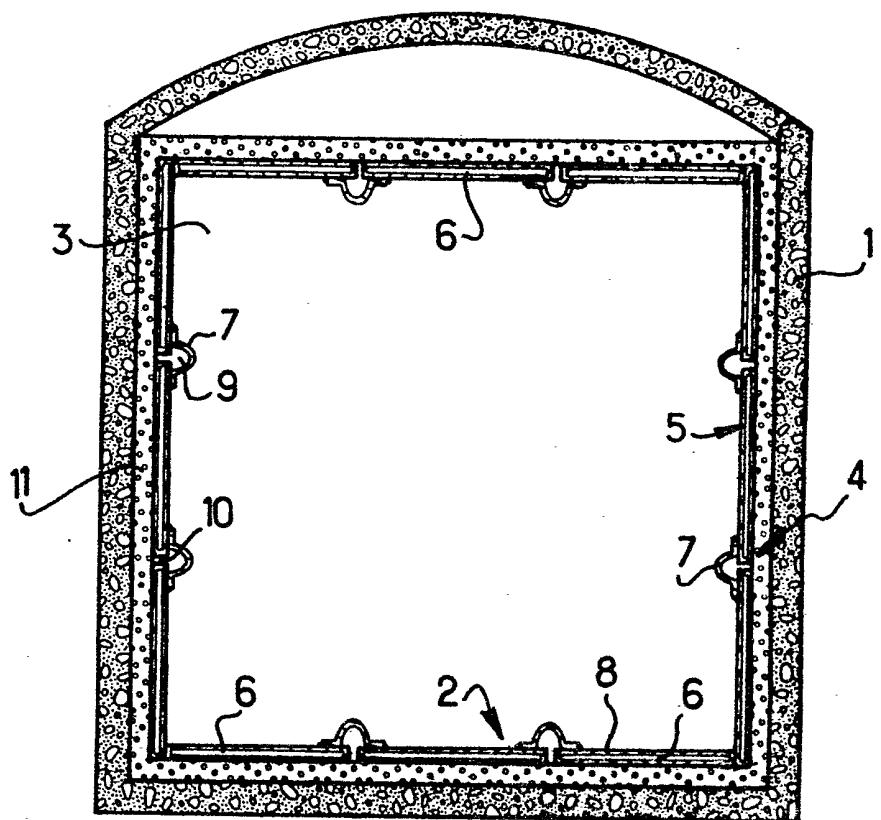
6. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure isolante comprend une couche isolante externe sur laquelle est fixée la paroi constituée par les panneaux juxtaposés précités.

10 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque panneau porte sur sa surface en regard de la couche isolante externe une pluralité de pieds de support à base élargie destinée à être introduite et encrée dans des organes présentant un logement de forme complémentaire à la forme des bases élargies desdits pieds de support pour 15 l'ancrage de celle-ci.

8. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les panneaux vidés sont réalisés en acier inoxydable ou une matière à conductivité thermique au plus équivalente ou plus faible.

20 9..Réservoir selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les panneaux creux et vidés précités contiennent un super isolant ayant une conductivité thermique inférieure à  $5 \times 10^{-3}$  mW/cm/°K tel que des feuilles en un 25 matériau connu sous la dénomination Mylar, qui sont aluminisées et isolantes d'un côté et réflétrices de l'autre, ou telsque des billes de polystyrène métallisées.

FIG. 1



**Fig. 2**

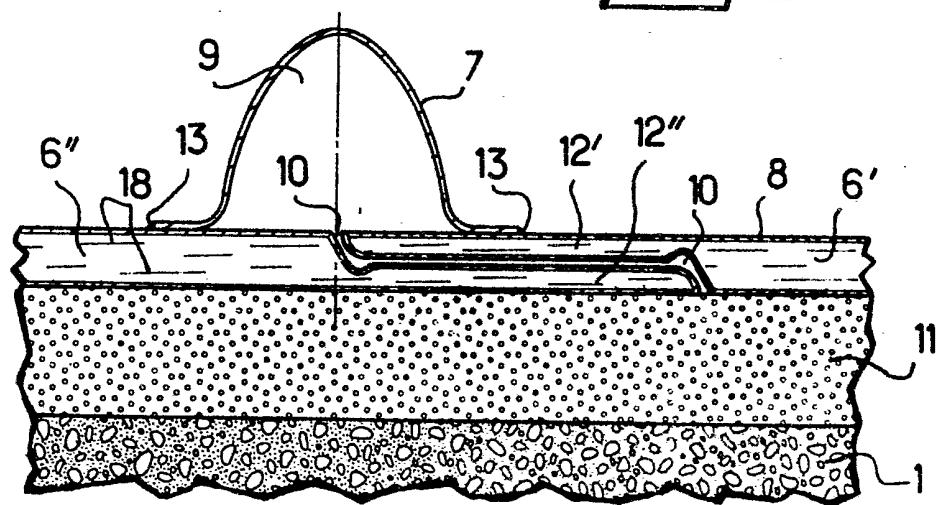


FIG. 3

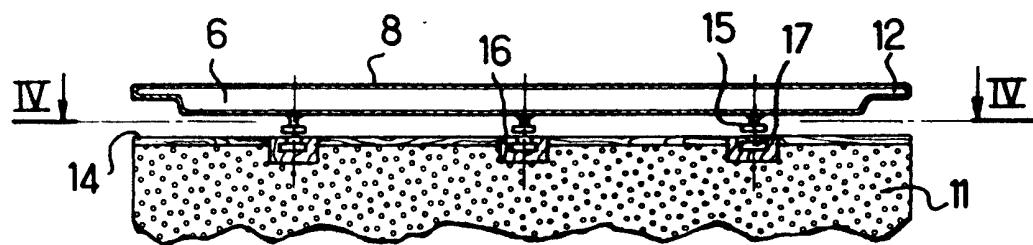


FIG. 4

